

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik .....	15
<b>Gambar 2. 2</b> Sistem Pentanahan Langsung 3 Fasa 4 Kawat.....	19
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Single Line</i> PMT .....	26
<b>Gambar 2. 4</b> Konstruksi PMT .....	27
<b>Gambar 2. 5</b> PMT 20 kV pada Gardu Induk.....	27
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Single Line</i> LBS .....	28
<b>Gambar 2. 7</b> Konstruksi LBS .....	29
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Load Breaker Switch</i> .....	30
<b>Gambar 2. 9</b> Konstruksi <i>Recloser</i> .....	31
<b>Gambar 2. 10</b> <i>Single Line Recloser</i> .....	32
<b>Gambar 2. 11</b> <i>Recloser</i> .....	34
<b>Gambar 2. 12</b> Skema <i>Telecontrolling</i> SCADA.....	36
<b>Gambar 2. 13</b> Skema TSS SCADA.....	37
<b>Gambar 2. 14</b> Skema TSD SCADA .....	38
<b>Gambar 2. 15</b> Skema <i>Telemetry</i> SCADA .....	38
<b>Gambar 2. 16</b> Konfigurasi <i>Remote Station</i> .....	41
<b>Gambar 2. 17</b> Panel RTU <i>Recloser</i> merk Schneider .....	43
<b>Gambar 2. 18</b> <i>Block Diagram</i> Catu Daya .....	44
<b>Gambar 2. 19</b> Rangkaian <i>Power Supply</i> .....	44
<b>Gambar 2. 20</b> Konstruksi Transformator.....	46
<b>Gambar 2. 21</b> Bentuk fisik Transformator <i>Stepdown</i> 3A .....	48
<b>Gambar 2. 22</b> Simbol Dioda .....	49
<b>Gambar 2. 23</b> (a) <i>Forward Bias</i> , (b) <i>Reverse Bias</i> Dioda .....	50
<b>Gambar 2. 24</b> <i>Full Bridge Rectifier</i> dengan Siklus Positif dan Negatif .....	50
<b>Gambar 2. 25</b> Gelombang <i>Input</i> dan <i>Output Full Bridge Rectifier</i> .....	51
<b>Gambar 2. 26</b> Jenis-jenis Kapasitor.....	53
<b>Gambar 2. 27</b> Struktur Kapasitor .....	53
<b>Gambar 2. 28</b> Rangkaian R-C dengan Sumber Tegangan DC.....	54
<b>Gambar 2. 29</b> Gelombang <i>Output Filter</i> Kapasitor.....	55
<b>Gambar 2. 30</b> Rangkaian <i>Regulator</i> Dioda Zener.....	57
<b>Gambar 2. 31</b> Diagram <i>Pinout</i> dari <i>Voltage Regulator</i> .....	57
<b>Gambar 2. 32</b> <i>Block Diagram</i> Internal IC 78XX .....	58
<b>Gambar 2. 33</b> Simbol Transistor .....	59
<b>Gambar 2. 34</b> Rangkaian Penguat Arus .....	60
<b>Gambar 2. 35</b> Simbol Resistor .....	62
<b>Gambar 2. 36</b> Kode Warna Resistor.....	62
<b>Gambar 2. 37</b> Rangkaian <i>Voltage Divider</i> .....	62
<b>Gambar 2. 38</b> Rangkaian <i>Switch</i> .....	63
<b>Gambar 2. 39</b> Rangkaian <i>Switch</i> dengan <i>Input</i> 5 V .....	64
<b>Gambar 2. 40</b> Rangkaian <i>Switch</i> dengan <i>Pull Down</i> ke 5 V .....	64
<b>Gambar 2. 41</b> <i>Pin Out Configuration</i> (a) IC ULN 2003 (b) IC ULN 2803.....	65
<b>Gambar 2. 42</b> <i>Schematic</i> Transistor <i>Darlington</i> pada IC ULN .....	66

<b>Gambar 2. 43</b> Prinsip Kerja IC ULN 2803 .....	67
<b>Gambar 2. 44</b> (a) Bagian-bagian <i>Relay</i> , (b) Simbol <i>Relay</i> .....	68
<b>Gambar 2. 45</b> Jenis <i>Relay</i> berdasarkan <i>Pole</i> dan <i>Throw</i> .....	69
<b>Gambar 2. 46</b> Bentuk Fisik <i>Relay</i> Omron 12 VDC.....	70
<b>Gambar 2. 47</b> <i>Schematic Relay</i> DPDT .....	70
<b>Gambar 2. 48</b> <i>Schematic Relay</i> SPDT.....	70
<b>Gambar 2. 50</b> Rangkaian <i>Interlock</i> PMT.....	72
<b>Gambar 2. 51</b> <i>Schematic Diagram</i> ZMCT103C .....	73
<b>Gambar 2. 52</b> Rangkaian Trafo Arus .....	74
<b>Gambar 2. 53</b> Bentuk Fisik ZMCT103C .....	75
<b>Gambar 2. 54</b> Kurva Kejenuhan CT untuk Pengukuran dan Proteksi.....	76
<b>Gambar 2. 55</b> Macam-macam <i>Op-Amp</i> .....	77
<b>Gambar 2. 56</b> Pin Konfigurasi LM358.....	77
<b>Gambar 2. 57</b> <i>Mapping Pin</i> Arduino Mega 2560 .....	78
<b>Gambar 2. 58</b> <i>Pin Out</i> Arduino Mega 2560.....	81
<b>Gambar 2. 59</b> Ethernet Shield <sup>[57]</sup> .....	81
<b>Gambar 2. 60</b> Weintek mTV-100 <sup>[58]</sup> .....	83
<b>Gambar 2. 61</b> Tampilan <i>Software</i> Easy Builder Pro .....	85
<b>Gambar 2. 62</b> Membuat <i>Project</i> Baru .....	85
<b>Gambar 2. 63</b> <i>Page System Parameter Setting</i> .....	86
<b>Gambar 2. 64</b> Mengatur Menu Model pada <i>System Parameter Setting</i> .....	86
<b>Gambar 2. 65</b> Membuat <i>Device</i> Baru .....	87
<b>Gambar 2. 66</b> Mengatur <i>Device</i> .....	87
<b>Gambar 2. 67</b> Menentukan <i>IP Address</i> dan Port Modbus.....	88
<b>Gambar 2. 68</b> Tampilan <i>New Devices</i> pada <i>System Parameter Setting</i> .....	88
<b>Gambar 2. 69</b> Memilih <i>Toolbar “Bit Lamp”</i> .....	89
<b>Gambar 2. 70</b> Membuat Indikator <i>Digital Status</i> .....	89
<b>Gambar 2. 71</b> Pengaturan <i>Shape Display Bit Lamp</i> .....	90
<b>Gambar 2. 72</b> Memilih <i>Toolbar Set Bit</i> .....	90
<b>Gambar 2. 73</b> Membuat Tombol <i>Digital Control</i> .....	91
<b>Gambar 2. 74</b> Pengaturan <i>Shape Display Set Bit</i> .....	91
<b>Gambar 2. 75</b> Tampilan <i>Window Setting</i> .....	92
<b>Gambar 2. 76</b> <i>Setting Order &amp; Character Event Display</i> .....	92
<b>Gambar 2. 77</b> <i>Back-Up (per Page) Object’s Properties</i> .....	93
<b>Gambar 2. 78</b> <i>History Data Display Properties</i> .....	93
<b>Gambar 2. 79</b> Alarm Bar .....	94
<b>Gambar 2. 80</b> Proses <i>Download</i> HMI .....	94
<b>Gambar 2. 81</b> Menentukan <i>IP</i> HMI Weintek mTV-100.....	94
<b>Gambar 3. 1</b> <i>Block Diagram</i> Alat .....	96
<b>Gambar 3. 2</b> Rangkaian <i>Power Supply</i> (a) 12 VDC, (b) 12 VDC dan 5 VDC....	99
<b>Gambar 3. 3</b> Rangkaian Pembagi Tegangan sebagai Sensor Tegangan.....	102
<b>Gambar 3. 4</b> (a) <i>Battery Separator</i> 9 VDC (b) <i>Wiring Battery</i> 9 VDC .....	102
<b>Gambar 3. 5</b> Rangkaian ATS ( <i>Automatic Transfer Switch</i> ) .....	104
<b>Gambar 3. 6</b> Rangkaian <i>Pull Down Resistor</i> .....	105
<b>Gambar 3. 7</b> Rangkaian <i>Driver Relay</i> IC ULN 2803 .....	106
<b>Gambar 3. 8</b> Rangkaian <i>Driver Relay</i> IC ULN 2003 .....	106

<b>Gambar 3. 9</b>	<i>Relay DPDT pada Driver Relay IC ULN 2803</i>	109
<b>Gambar 3. 10</b>	<i>Relay SPDT pada Driver Relay IC ULN 2003</i>	109
<b>Gambar 3. 11</b>	<i>Rangkaian Beban dan Gangguan</i>	110
<b>Gambar 3. 12</b>	<i>Rangkaian Pengkondisi Sinyal LM358</i>	114
<b>Gambar 3. 13</b>	<i>Rangkaian Arduino Mega 2560</i>	117
<b>Gambar 3. 14</b>	<i>Desain Tampilan HMI SCADA pada Window 1</i>	121
<b>Gambar 3. 15</b>	<i>Desain Tampilan HMI SCADA pada Window 2</i>	123
<b>Gambar 3. 16</b>	<i>Desain Tampilan HMI SCADA pada Window 3</i>	124
<b>Gambar 3. 17</b>	<i>Desain Tampilan HMI SCADA pada Window 4</i>	125
<b>Gambar 3. 18</b>	<i>Single Line Diagram Feeder SYG07 UP3 Demak</i>	132
<b>Gambar 3. 19</b>	<i>Tampilan Simulasi Panel RTU Recloser</i>	132
<b>Gambar 4. 1</b>	<i>Desain Tampilan Alat Simulasi</i>	138
<b>Gambar 4. 2</b>	<i>Tampilan Alat Simulasi Tampak Depan</i>	139
<b>Gambar 4. 3</b>	<i>Gambar Peletakan Komponen</i>	139
<b>Gambar 4. 4</b>	<i>Schematic Power Supply (a) 12 VDC dan 5 VDC, (b) 12 VDC...</i>	147
<b>Gambar 4. 5</b>	<i>Rangkaian Power Supply 12 VDC dan 12 VDC serta 5 VDC</i>	147
<b>Gambar 4. 6</b>	<i>Schematic Driver Relay (a) IC ULN 2003, (b) IC ULN 2803</i>	149
<b>Gambar 4. 7</b>	<i>Rangkaian Driver Relay (a) IC ULN 2003, (b) IC ULN 2803</i>	150
<b>Gambar 4. 8</b>	<i>Relay Omron LY2N DPDT 12 VDC</i>	150
<b>Gambar 4. 9</b>	<i>Schematic Sensor Tegangan Jaringan</i>	151
<b>Gambar 4. 10</b>	<i>Schematic Pembagi Tegangan Sumber PSA Arduino dan Battery</i>	152
<b>Gambar 4. 11</b>	<i>Rangkaian Sensor Tegangan: (a) Jaringan (b) PSA &amp; Battery</i>	152
<b>Gambar 4. 12</b>	<i>Rangkaian Pulldown Resistor</i>	153
<b>Gambar 4. 13</b>	<i>Schematic Rangkaian Pull Down Resistor</i>	154
<b>Gambar 4. 14</b>	<i>Schematic Rangkaian Beban dan Gangguan</i>	156
<b>Gambar 4. 15</b>	<i>(a) Rangkaian Beban dan Gangguan, (b) ZMCT103C</i>	156
<b>Gambar 4. 16</b>	<i>Lampu Beban 12 VAC/5 Watt</i>	157
<b>Gambar 4. 17</b>	<i>Contoh Desain Board pada Software Eagle 7.1.0</i>	158
<b>Gambar 4. 18</b>	<i>Contoh Desain Board Siap Cetak</i>	158
<b>Gambar 4. 19</b>	<i>Penempelan Kertas Desain Board pada PCB</i>	158
<b>Gambar 4. 20</b>	<i>Pengolesan Campuran Lotion pada PCB</i>	159
<b>Gambar 4. 21</b>	<i>Menggosok Permukaan Kertas</i>	159
<b>Gambar 4. 22</b>	<i>Memotong PCB Menggunakan Gergaji</i>	160
<b>Gambar 4. 23</b>	<i>Melarutkan Tembaga PCB dengan Larutan FeCl<sub>3</sub></i>	160
<b>Gambar 4. 24</b>	<i>Mengamplas PCB</i>	160
<b>Gambar 4. 25</b>	<i>Melubangi PCB Menggunakan Bor</i>	161
<b>Gambar 4. 26</b>	<i>Menyolder Komponen</i>	161
<b>Gambar 4. 27</b>	<i>Menguji Komponen yang Telah Terpasang pada PCB</i>	161
<b>Gambar 4. 28</b>	<i>Memasang Komponen pada Box</i>	162
<b>Gambar 4. 29</b>	<i>Melubangi Box Menggunakan Bor Listrik</i>	162
<b>Gambar 4. 30</b>	<i>Pengkabelan (Wiring) Komponen</i>	163
<b>Gambar 4. 31</b>	<i>Memasang Sticker</i>	163
<b>Gambar 4. 32</b>	<i>Tampak Depan Alat Simulasi</i>	164
<b>Gambar 4. 33</b>	<i>Menjalankan Aplikasi Arduino IDE</i>	165
<b>Gambar 4. 34</b>	<i>Memilih Board Arduino Mega 2560</i>	165

<b>Gambar 4. 35</b> Memilih Port Arduino Mega 2560 .....	166
<b>Gambar 4. 36</b> Proses <i>Compiling Sketch</i> .....	187
<b>Gambar 4. 37</b> Proses <i>Compiling Sketch</i> Berhasil.....	187
<b>Gambar 4. 38</b> Proses <i>Uploading Sketch</i> .....	188
<b>Gambar 4. 39</b> Tampilan CMD dalam Pencarian <i>Ipconfig</i> .....	190
<b>Gambar 4. 40</b> Tampilan CMD Ketika Ethernet Tersambung PC .....	190
<b>Gambar 4. 41</b> Mengatur <i>Device</i> .....	191
<b>Gambar 4. 42</b> Menentukan IP <i>Addres</i> dan Port Modbus.....	192
<b>Gambar 4. 43</b> Tampilan HMI Window 1 .....	192
<b>Gambar 4. 44</b> Tampilan HMI Window 2 .....	193
<b>Gambar 4. 45</b> Menu “ <i>Data/History</i> ” .....	193
<b>Gambar 4. 46</b> <i>Alarm Bar</i> .....	193
<b>Gambar 4. 47</b> Menu “ <i>Object</i> ” .....	193
<b>Gambar 4. 48</b> <i>New Picture Object</i> .....	194
<b>Gambar 4. 49</b> <i>Picture Manager</i> .....	194
<b>Gambar 4. 50</b> <i>Text/Comment Object</i> .....	195
<b>Gambar 4. 51</b> Membuat Indikator <i>Digital Status</i> .....	196
<b>Gambar 4. 52</b> Pengaturan <i>Shape Display Bit Lamp</i> .....	196
<b>Gambar 4. 53</b> Membuat Tombol <i>Digital Control</i> .....	197
<b>Gambar 4. 54</b> Pengaturan <i>Shape Display Set Bit</i> .....	198
<b>Gambar 4. 55</b> <i>Numeric Object Properties</i> .....	198
<b>Gambar 4. 56</b> <i>Shape Manager</i> .....	199
<b>Gambar 4. 57</b> <i>Function Key Object</i> .....	199
<b>Gambar 4. 58</b> <i>Function Key Object</i> pada Window 1 .....	200
<b>Gambar 4. 59</b> <i>Function Key Object</i> pada Window 2 .....	200
<b>Gambar 4. 60</b> Tampilan HMI Window 3 .....	200
<b>Gambar 4. 61</b> <i>Event Display Object</i> .....	201
<b>Gambar 4. 62</b> Pengaturan Tampilan <i>Event Display Object</i> .....	201
<b>Gambar 4. 63</b> Pengaturan Sort <i>Event Display Object</i> .....	202
<b>Gambar 4. 64</b> <i>Back-up (Per Page)</i> .....	202
<b>Gambar 4. 65</b> <i>Back-up (per Page)</i> .....	203
<b>Gambar 4. 66</b> <i>Function Key Object</i> Window 3 dan 4 .....	203
<b>Gambar 4. 67</b> Tampilan HMI Window 4 .....	203
<b>Gambar 4. 68</b> <i>History Data Display Object</i> .....	204
<b>Gambar 4. 69</b> <i>Set Data Format</i> pada <i>History Data Display</i> .....	204
<b>Gambar 4. 70</b> <i>Set Title</i> pada <i>History Data Display</i> .....	205
<b>Gambar 5. 1</b> Titik Ukur <i>Power Supply</i> (a) 12 VDC dan 5 VDC, (b) 12 VDC ..	209
<b>Gambar 5. 2</b> Titik Ukur <i>Driver Relay IC ULN 2003</i> .....	212
<b>Gambar 5. 3</b> Titik Ukur <i>Driver Relay IC ULN 2803</i> .....	215
<b>Gambar 5. 4</b> Kondisi <i>High Low Pull Down</i> .....	219
<b>Gambar 5. 5</b> Titik Pengukuran Rangkaian <i>Pull Down Resistor</i> .....	219
<b>Gambar 5. 6</b> Titik Ukur Rangkaian Pembagi Tegangan Jaringan .....	222
<b>Gambar 5. 7</b> <i>Single Line Diagram Feeder SYG07 UP3 Demak</i> .....	224
<b>Gambar 5. 8</b> Tampilan Simulasi Panel RTU <i>Recloser</i> .....	224
<b>Gambar 5. 9</b> Indikator Status <i>Open Recloser</i> pada LCD RTU .....	227
<b>Gambar 5. 10</b> Indikator Status <i>Close Recloser</i> pada LCD RTU.....	227

<b>Gambar 5. 11</b>	Indikator Status Gangguan OCR pada Panel .....	227
<b>Gambar 5. 12</b>	Indikator Status Gangguan GFR pada Panel .....	227
<b>Gambar 5. 13</b>	Indikator Status <i>Interlock</i> pada Panel.....	227
<b>Gambar 5. 14</b>	Indikator Status <i>Hot Line Tag</i> pada Panel .....	228
<b>Gambar 5. 15</b>	Indikator Status <i>Battery Tested</i> pada Panel .....	228
<b>Gambar 5. 16</b>	Indikator Status <i>Reset Power</i> pada Panel .....	228
<b>Gambar 5. 17</b>	Indikator Status <i>Autoreclose</i> pada Panel .....	229
<b>Gambar 5. 18</b>	Indikator Status <i>Protection A</i> pada Panel.....	229
<b>Gambar 5. 19</b>	Indikator Status <i>Protection B</i> pada Panel.....	229
<b>Gambar 5. 20</b>	<i>Toggle Switch</i> dalam Kondisi <i>Local dan Remote</i> .....	229
<b>Gambar 5. 21</b>	Letak Posisi Gangguan .....	231
<b>Gambar 5. 22</b>	Titik Ukur Rangkaian Beban dan Gangguan .....	234
<b>Gambar 5. 23</b>	Tampilan <i>File Event Display</i> pada USB Disk .....	237
<b>Gambar 5. 24</b>	<i>Data Logger Event Display</i> pada Microsoft Excel .....	238
<b>Gambar 5. 25</b>	Tampilan <i>File History Data Display</i> pada USB Disk .....	238
<b>Gambar 5. 26</b>	<i>Data Logger History Data Display</i> pada Microsoft Excel.....	239